

# ANALIZA WYBRANYCH PRZYCZYNYN POŻARÓW W ENERGETYCE NA PRZYKŁADACH RZECZYWISTYCH ZDARZEŃ POŻAROWYCH

mł. bryg. dr inż. Szymon Ptak



19 – 20 czerwca 2023 r.

# Uwaga

- Z prezentacji przekazanej organizatorom usunięto materiały, które nie mogą być upubliczniane, ze względu na fakt, że
  - Nie są jeszcze opublikowane LUB
  - Stanowią dowody w postępowaniach sądowych LUB
  - Autor prezentacji nie ma zgody na ich rozpowszechnianie.
- Kompletna prezentacja będzie przedstawiona podczas konferencji.

# Dane kontaktowe

Zakład Elektroenergetyki / Katedra Techniki Pożarniczej

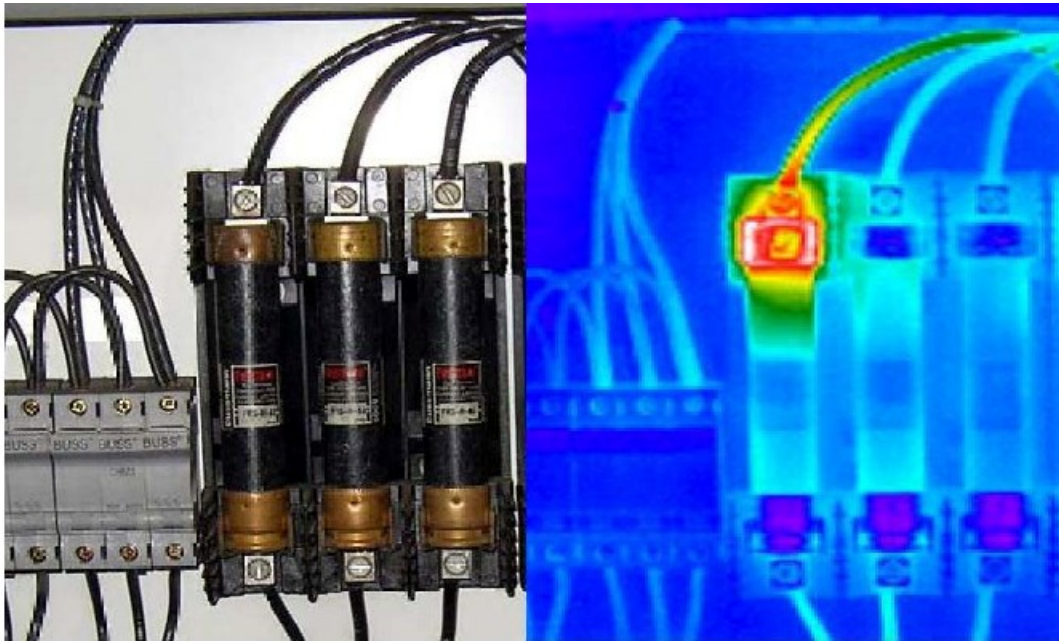
tel. 22 56 17 699

email: [sptak@sgsp.edu.pl](mailto:sptak@sgsp.edu.pl)

# Koncepcja prezentacji

- Wybrane zjawiska niebezpieczne
- Przykłady zdarzeń





# Rezystancja zestykowa

**ANALIZA WYBRANYCH PRZYCZYN POŻARÓW W ENERGETYCE NA  
PRZYKŁADACH RZECZYWISTYCH ZDARZEŃ POŻAROWYCH**

# Prawo Joule'a-Lenza

*Cyt. „Ilość **ciepła** wydzielanego w **czasie** przepływu **prądu** elektrycznego przez przewodnik elektryczny jest wprost proporcjonalna do iloczynu **oporu** elektrycznego przewodnika, kwadratu natężenia **prądu** i **czasu** jego przepływu.”*

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t$$

Prawo Ohma:

$$R = U/I$$

Zatem:

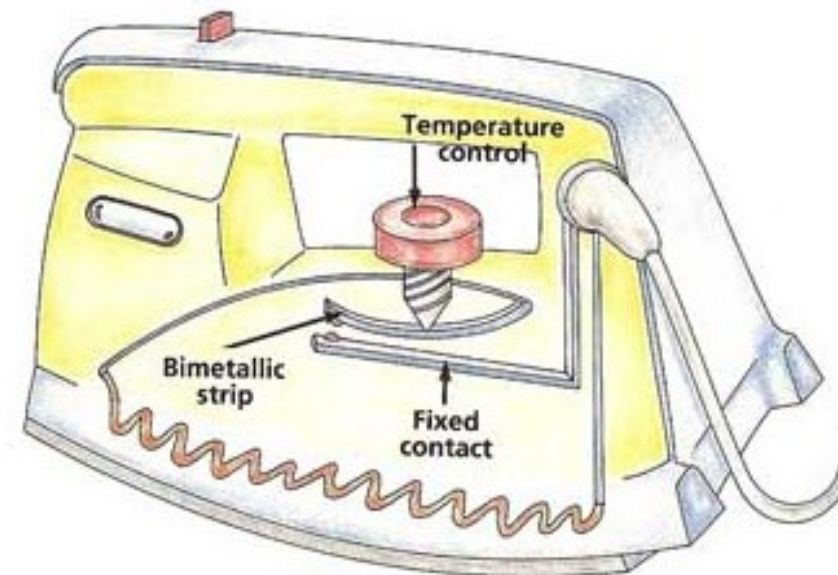
$$P = UI = \frac{W}{t} = \left( \frac{Q}{t} \right)$$

Mnożąc stronami przez  $t$ :

$$Q = UI = R \cdot I^2 \cdot t$$

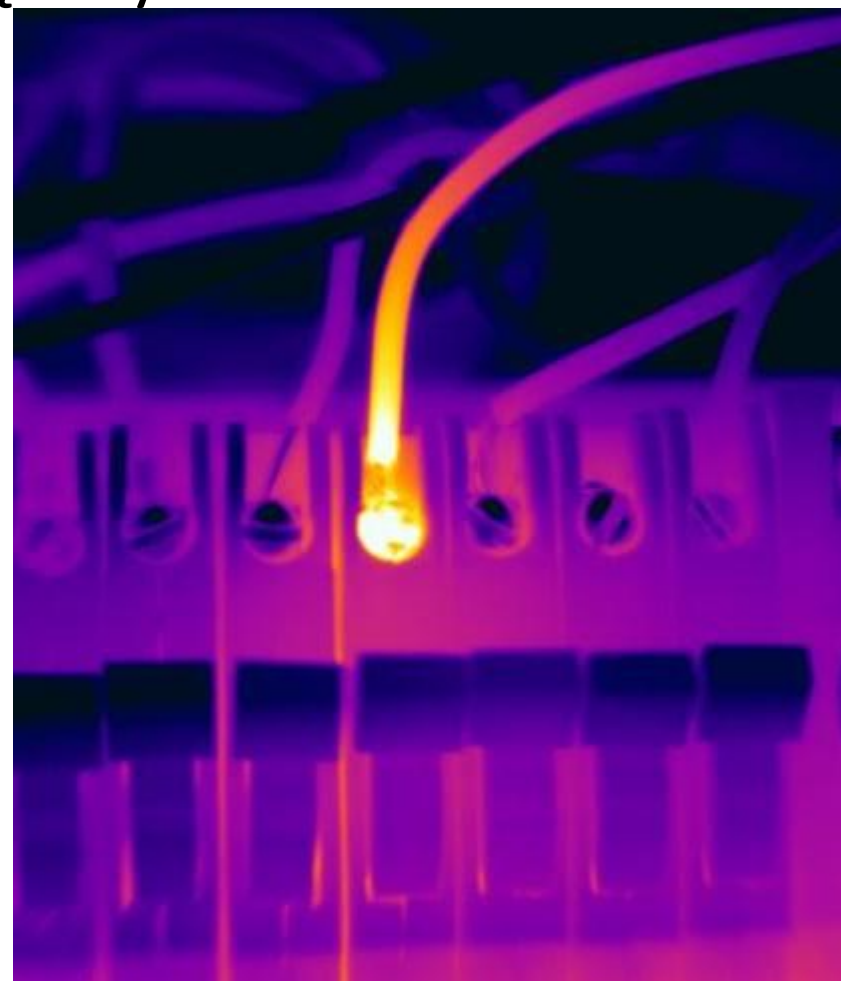
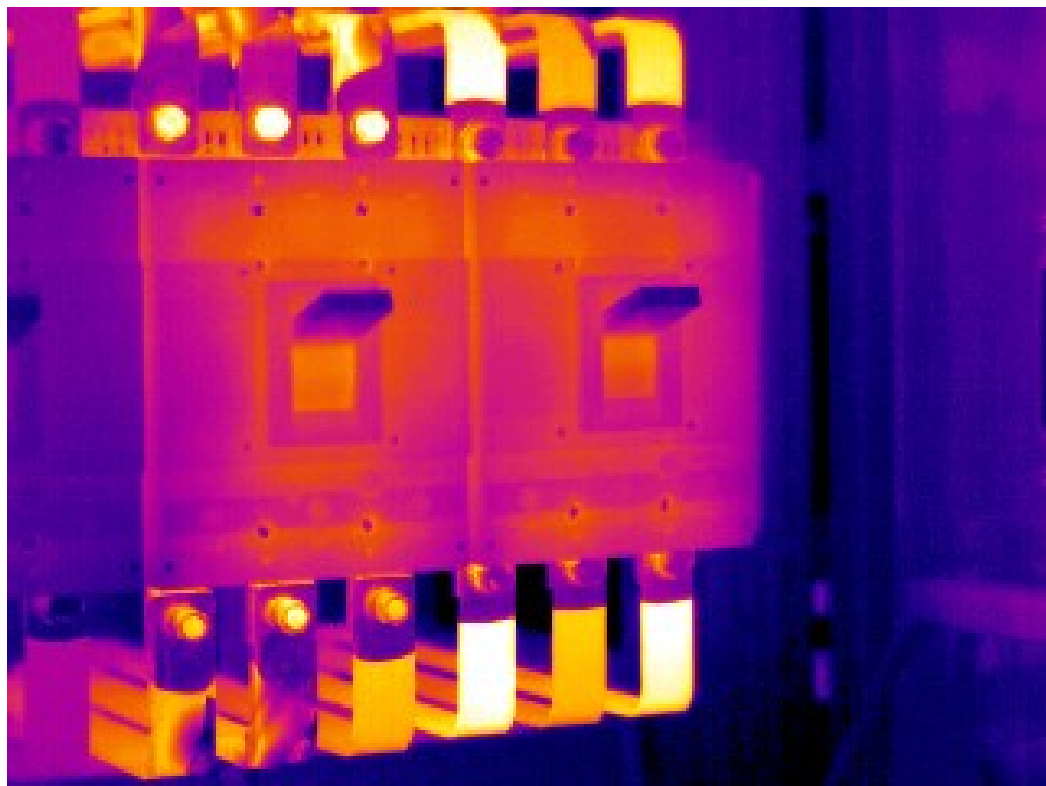
# Termiczne oddziaływanie prądu

- Wydzielanie ciepła można wykorzystać.



# Termiczne działanie prądu

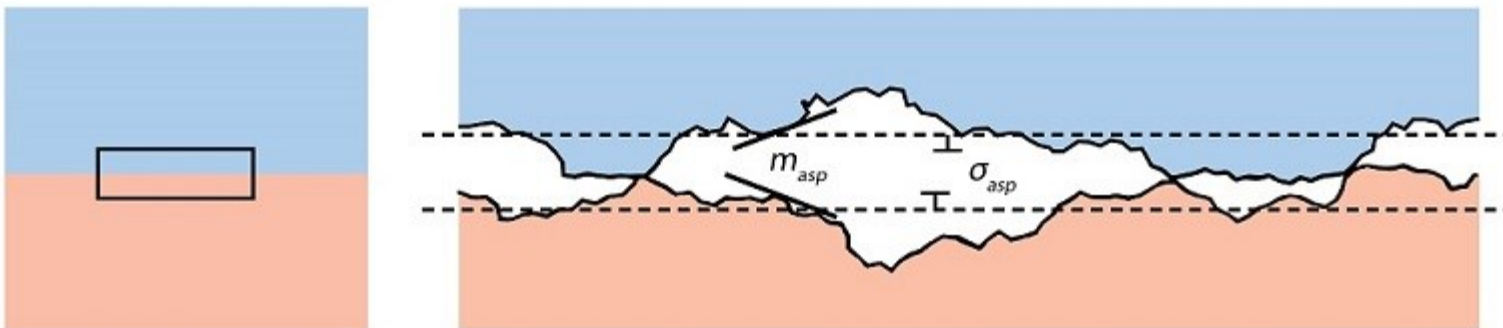
- Nagrzewanie jest też zjawiskiem niepożądanym



# Rezystancja zestyków

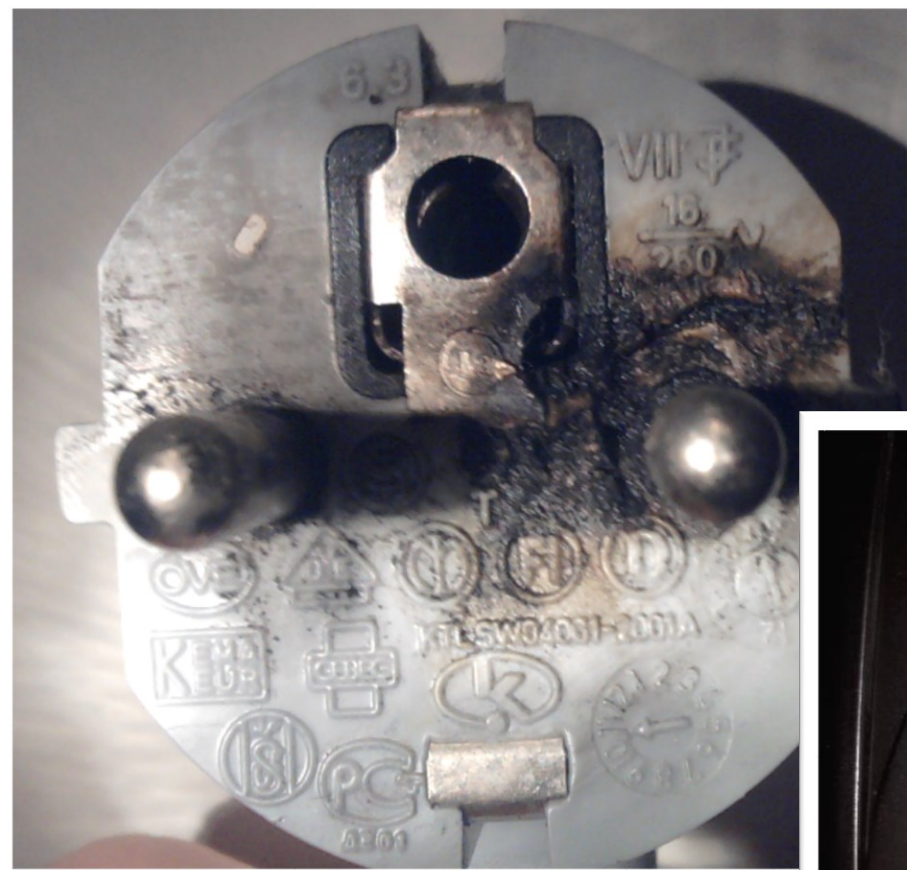
Zależy od:

- Siły docisku
- Struktury powierzchniowej
- Obecności tlenków na powierzchni
- Powierzchni zestyku
- Kształtu zestyku: punktowy, liniowy, powierzchniowy





# Rezystancja zestyków – warunki domowe



# Przykład – rezystancja zestykowa

- Tablica rozdzielcza na korytarzu (część sklepowa stacji paliw)
- Dwóch pracowników usłyszało „trzaski” na korytarzu
- Pracownik stwierdził obecność dymu i płomieni w tablicy
- Pracownik użył przeciwpożarowego wyłącznika prądu
- Pracownik rozpoczął akcję gaśniczą

# Rezystancja zestykowa w obwodzie nn

- Pożar w obrębie tablicy rozdzielczej, spowodowany przez RCD, 40 A, 30 mA.
- Zniszczeniu uległy wyłączniki instalacyjne i okablowanie
- **Szybka reakcja pracowników (waga szkolenia!)**
- RCD wymienione 3 dni wcześniej

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**



**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Rezystancja zestykowa w obwodzie nn

## **Pytanie dodatkowe:**

- Gdzie jest umieszczony wyłącznik prądu?
- Czy tabliczka jest aktualna?
- Co to za wyłącznik?

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Przykład – rezystancja zestykowa

- Pożar dachu o konstrukcji drewnianej
- Łącznik (?) zlokalizowany w pobliżu belki stropowej
- **Prawdopodobnie nielegalne przyłącze w domu jednorodzinnym**
- Rezystancja zestykowa doprowadziła do zapłonu belki stropowej (być może pośrednio)

# Rezystancja zestykowa w obwodzie nN

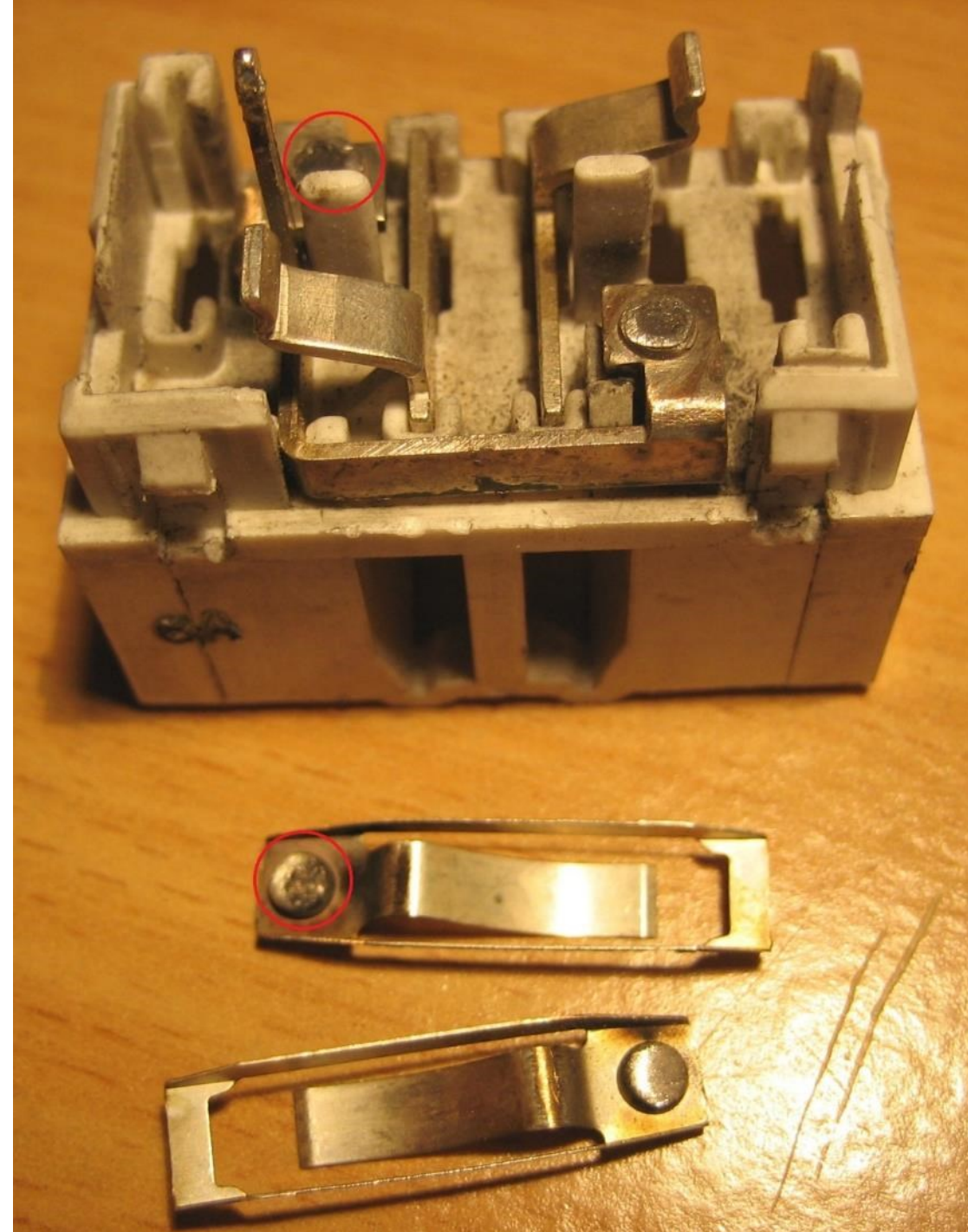
**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Istota problemu

- Dlaczego w sprawnym przełączniku „nagle” wrasta rezystancja zestykowa?
  - łuk elektryczny a rozłączanie styków
  - Kiedy powstaje łuk elektryczny?



# Przykład – rezystancja zestykowa

- „Tymczasowe” rozwiązanie – oświetlenie oprawką:
- **Tego typu sytuacje ciągle się zdarzają**
- Właściciel korzystał przez lata z tego rozwiązania
- Montaż na podłożu palnym
- Martwy przepis (Rozp. MSWiA ws. ochrony ppoż)?

9) stosowanie na osłony punktów świetlnych materiałów palnych, z wyjątkiem materiałów trudno zapalnych i niezapalnych, jeżeli zostaną umieszczone w odległości co najmniej 0,05 m od żarówki;



# Materiał palny a źródło ciepła

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Przykład – rezystancja zestykowa

- Przykłady nieprawidłowości - instalacje fotowoltaiczne
- Nadmierna rezystancja zestykowa miejsc połączeń
- Nieprawidłowy montaż
- Oddziaływanie atmosferyczne
- Brak kontroli – wymogi prawne?
- Montaż na podłożu palnym
- Dyssypacja ciepła przez diody by-pass jako problem



# Miejsca połączeń elementów instalacji



# Wyniki badań konektorów instalacji PV

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**



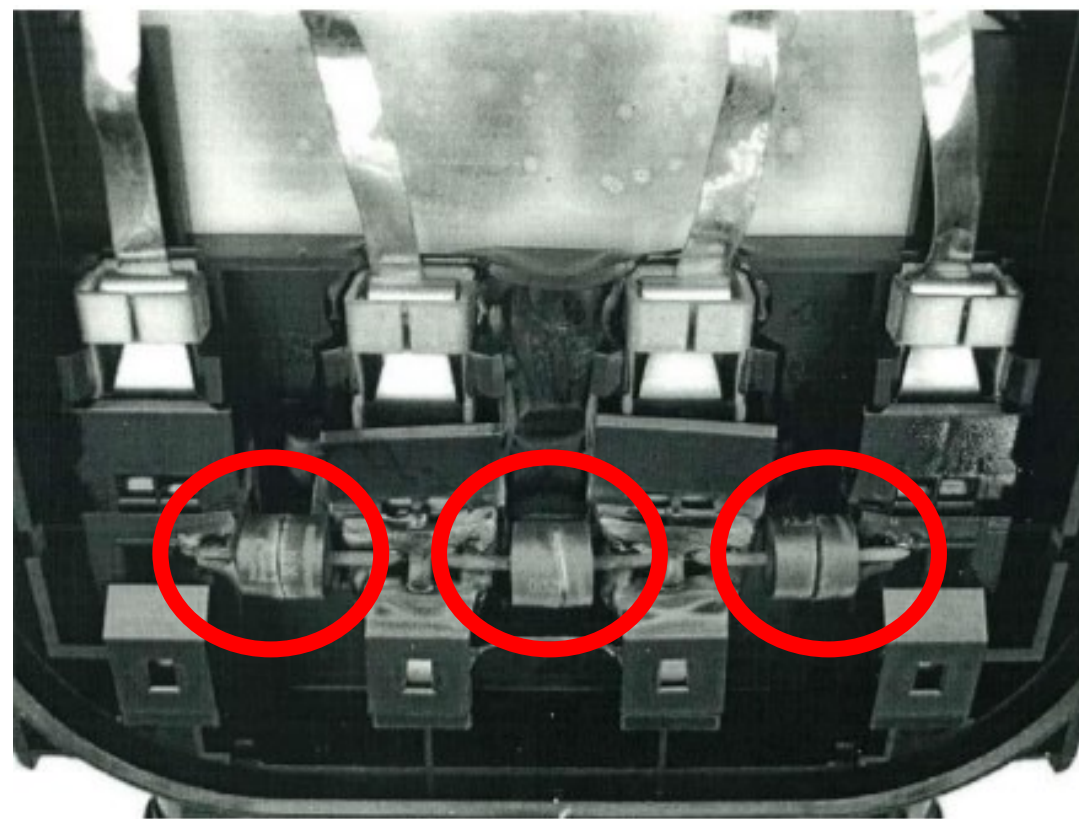
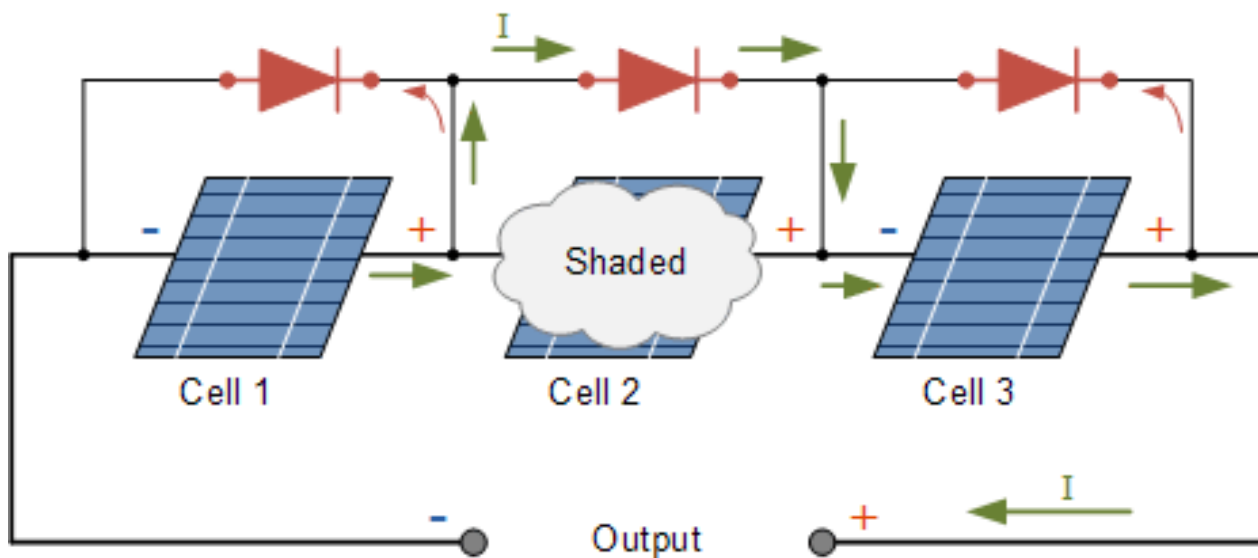
**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Falownik – podłóże palne



# Nierównomierne oświetlenie ogniwa

- Powstawanie tzw. gorących punktów
- Niwelacja zagrożenia przez tzw. diody by-pass
- Znaczna dyssypacja ciepła przez diody!





# Przykład – rezystancja zestykowa

- Dwa falowniki instalacji fotowoltaicznej
- Skrzynka rozdzielcza zamontowana na ścianie obok falowników
- Ekspozycja cieplna? (termin pożaru: lato)
- Co było przyczyną?

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Przykład - rezystancja zestykowa

- Styczeń 2023
- Pracownicy zgłaszają problemy z pracą urządzeń elektrycznych
- Słyszane „iskrzenie” w rozdzielnicy
- Zgłoszenie problemu kierownikowi prac
- Kierownik prac zgłasza problem służbie technicznej zakładu
- Służba techniczna zleca naprawę gwarancyjną wykonawcy instalacji. Wykonawca, zgodnie z umową, ma na to 7 dni.
- W okresie oczekiwania... powstaje pożar!

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

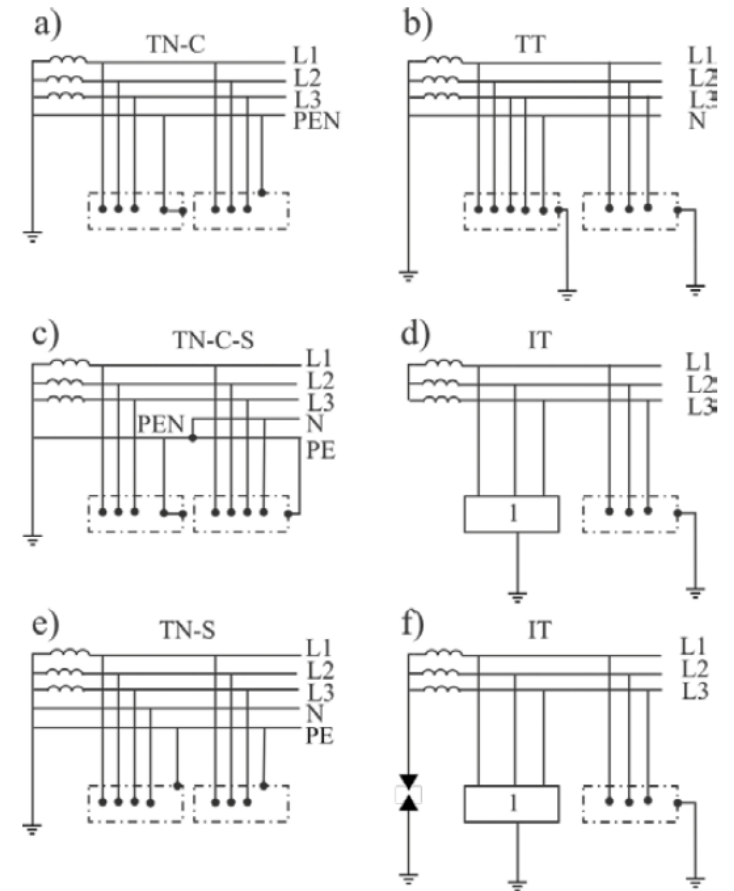
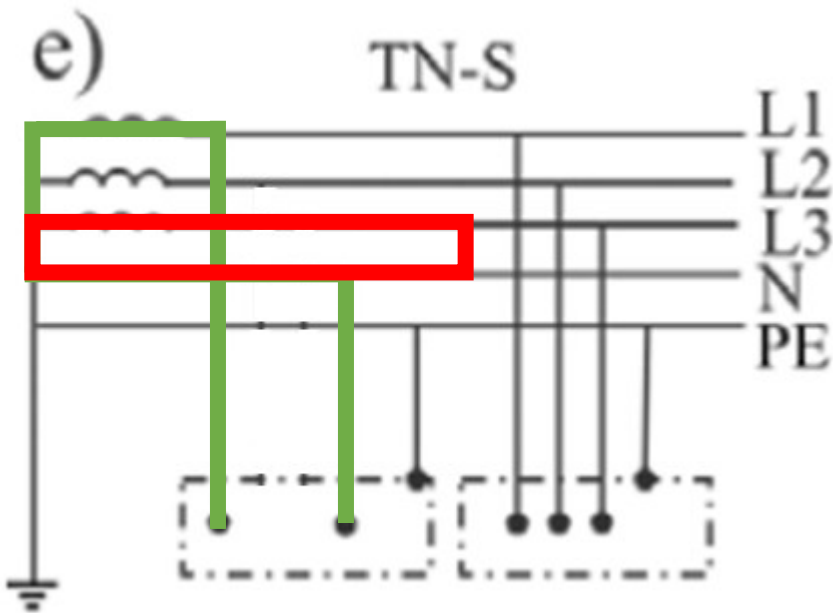
**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**



# Impedancja pętli zwarcia

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Istota pomiaru impedancji pętli zwarcia



# Przykład: Porównajmy gniazdo 2 i 3 z protokołu

## Gniazdo 2

- $Z_{sp} = 0,89 \Omega$

- $I_z = \frac{U_{RMS}}{Z_{sp}} = \frac{23}{0,89}$

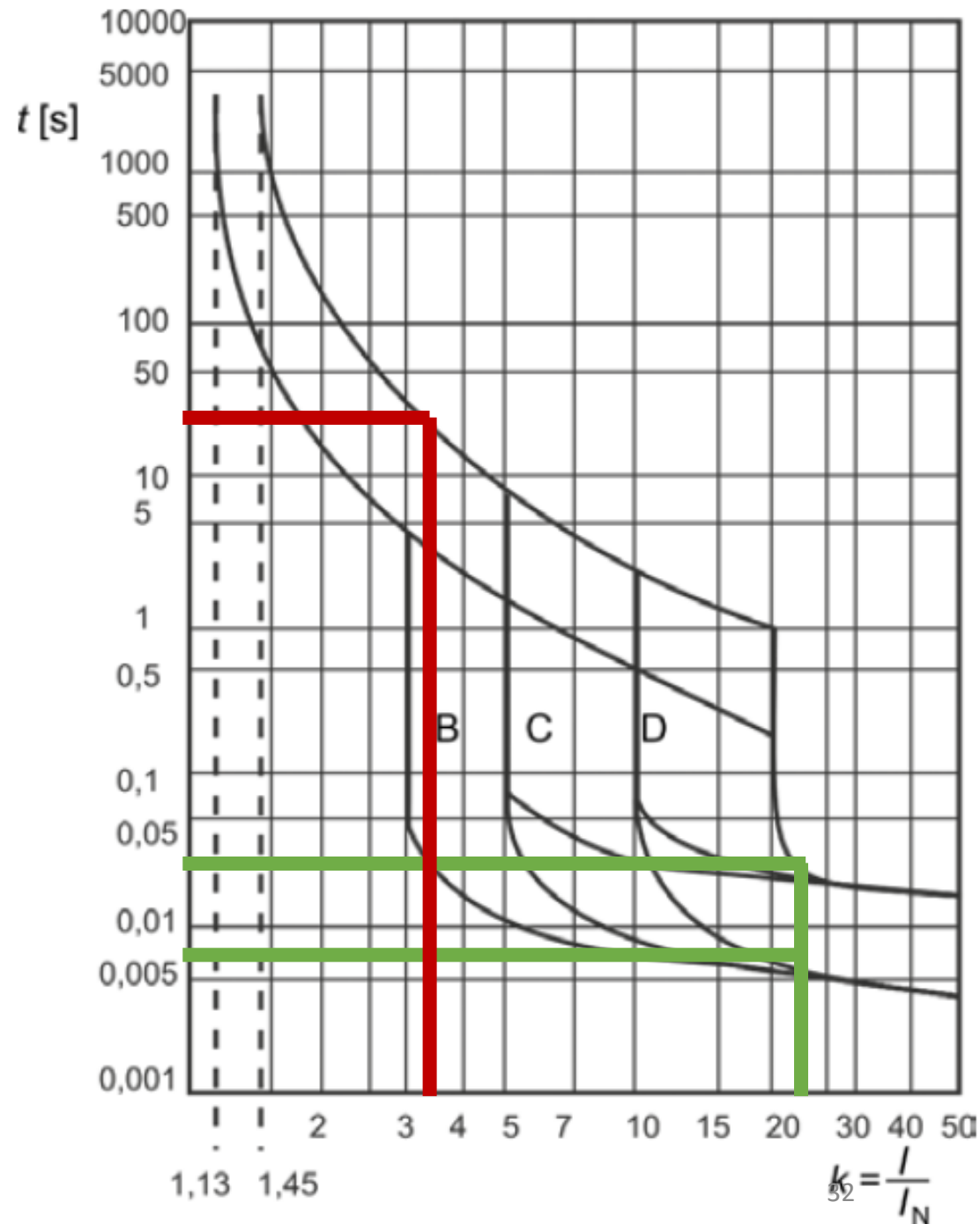
**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

$$\frac{23 \text{ V}}{0,89 \Omega} = 34 \text{ A}$$

# Przykład – B10



- Gniazdo 2:  $I_Z = 258 \text{ A}$
- $k = \frac{I}{I_N} = \frac{258 \text{ A}}{10 \text{ A}} = 25,8$
- Czas zadziałania:  $t \in \langle 5; 40 \text{ ms} \rangle$
- Gniazdo 3:  $I_Z = 34 \text{ A}$
- $k = \frac{I}{I_N} = \frac{34 \text{ A}}{10 \text{ A}} = 3,4$
- Czas zadziałania:  $t \sim 40 \text{ s}$



# Przykład – B10

- Gniazdo 2:  $I_Z = 258 \text{ A}$
- Czas zadziałania:  $t = 20 \text{ ms}$
- Ciepło:  $Q = R \cdot I^2 \cdot t = 0,98 \cdot 258^2 \cdot 0,02 = 1,3 \text{ kJ}$
- Czyli 4 g wody (20-100°C)
- Gniazdo 3:  $I_Z = 34 \text{ A}$
- Czas zadziałania:  $t = 40 \text{ s}$
- Ciepło:  $Q = R \cdot I^2 \cdot t = 6,8 \cdot 34^2 \cdot 40 = 314 \text{ kJ}$
- Czyli 0,93 kg wody (20-100°C)



# Przykład: Znalezione podczas pomiarów...

- Co tu się stało?
- Elektryk wykrył zbyt dużą impedancję pętli zwarcia
- Sprawdził dwukrotnie
- Stwierdził, że wina jest po stronie dostawcy
- Po otwarciu stacji rozdzielczej...

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

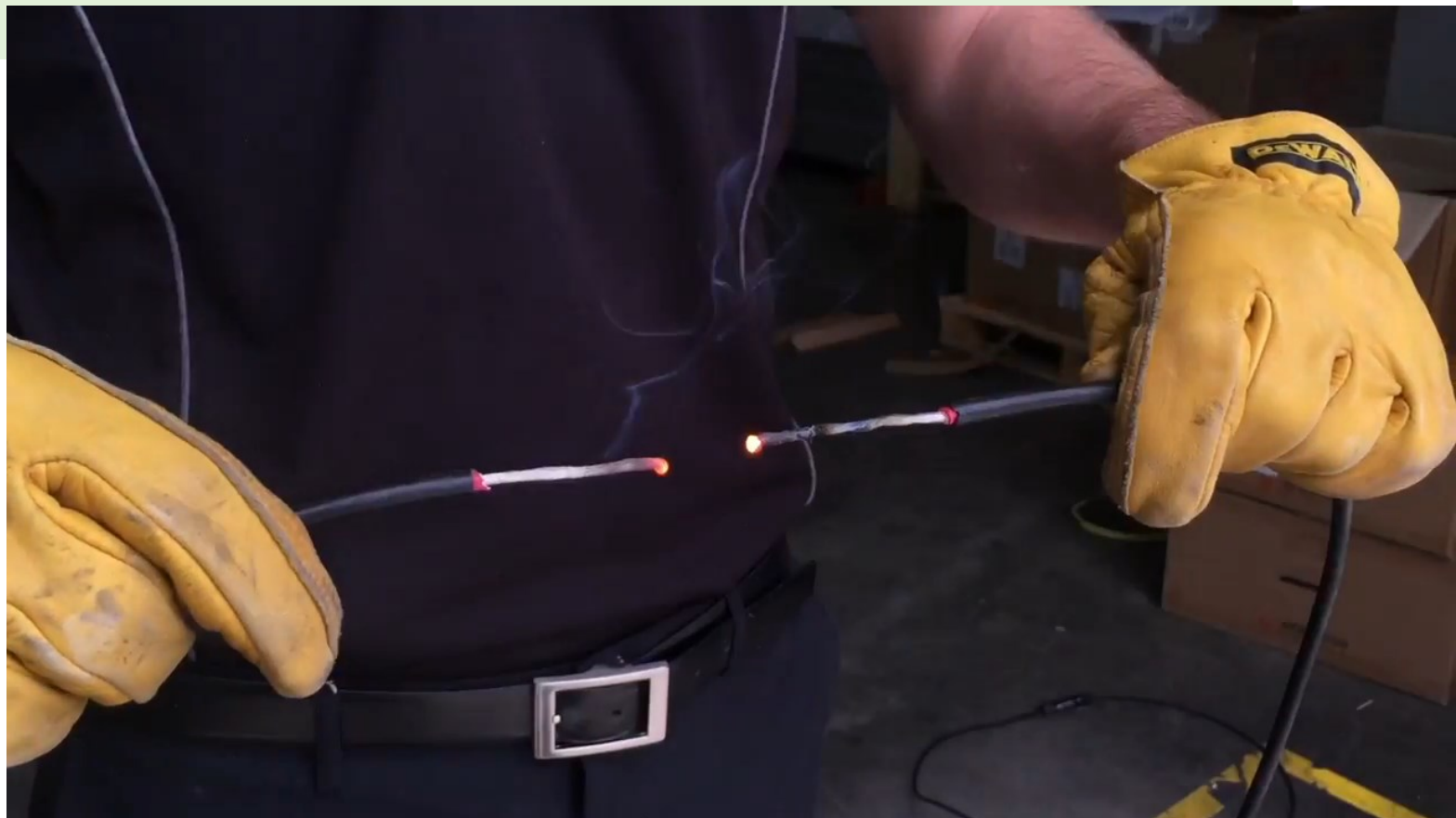


# łuk elektryczny

**ANALIZA WYBRANYCH PRZYCZYN POŻARÓW W ENERGETYCE NA  
PRZYKŁADACH RZECZYWISTYCH ZDARZEŃ POŻAROWYCH**



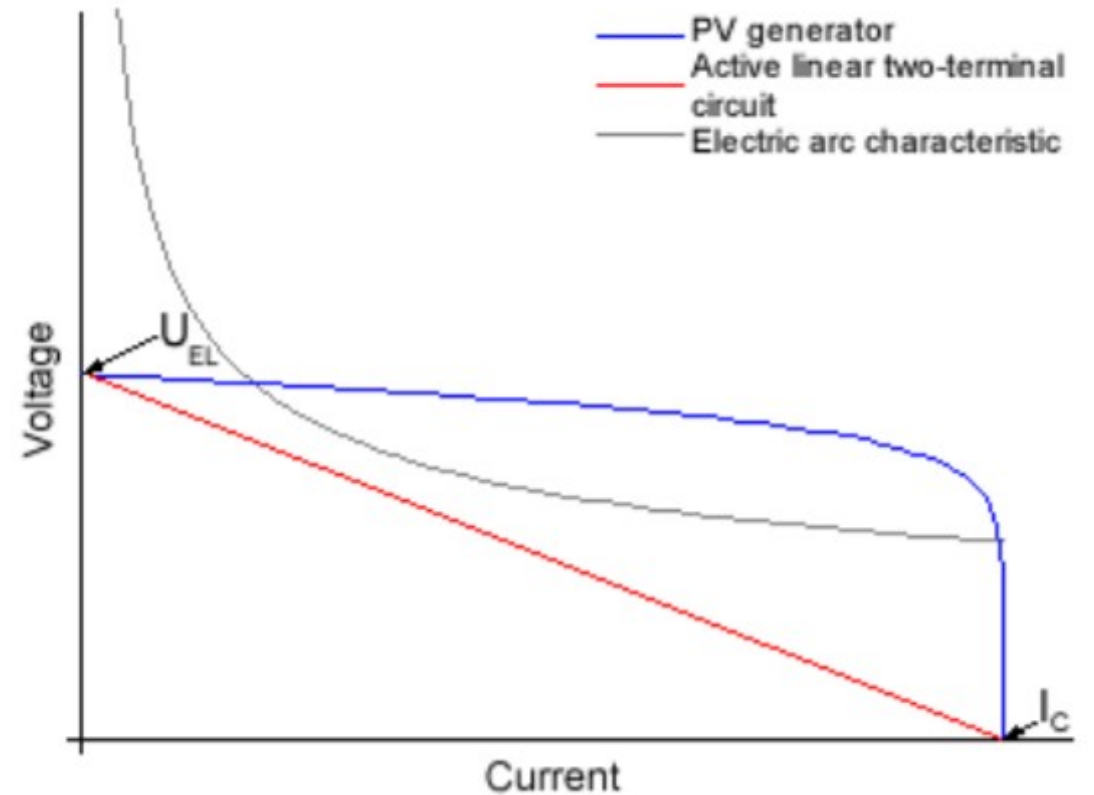
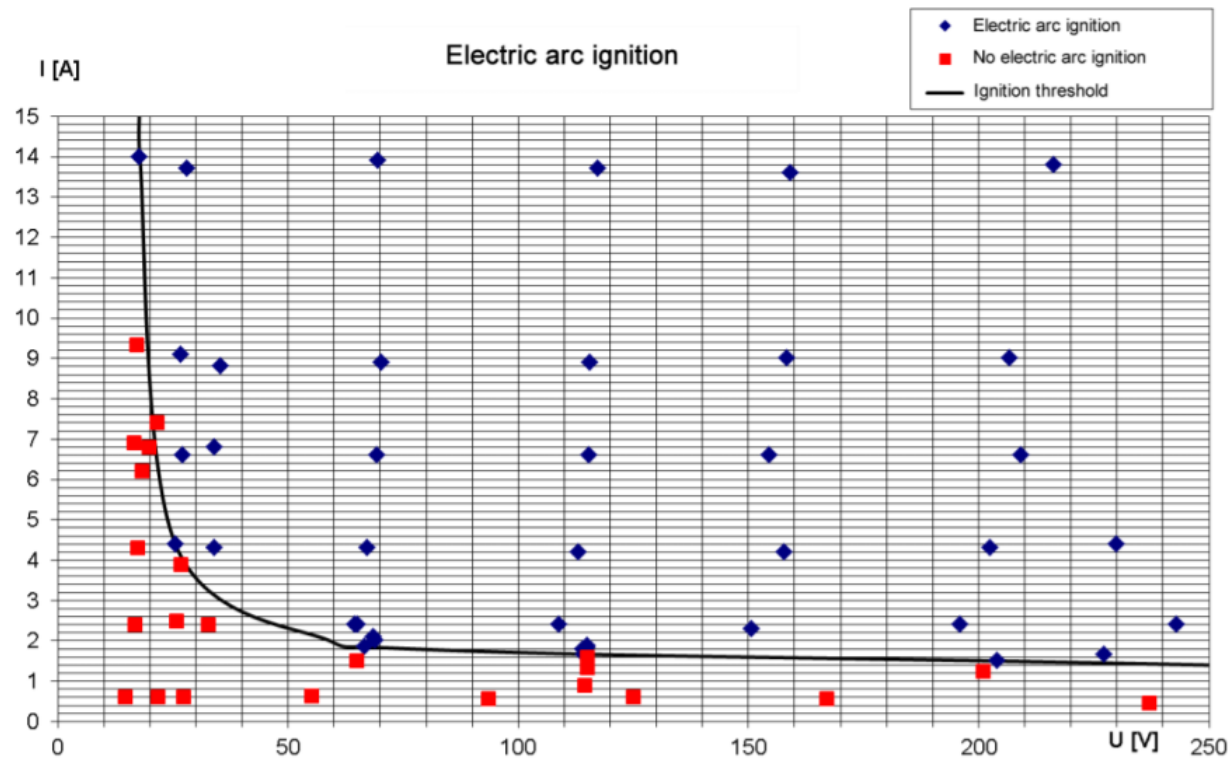
# Przykład 10: łuk elektryczny w obwodzie DC



**DC Solar Array - Arc fault demonstration, AC Solar Warehouse (YT)**



# Powstawanie łuku elektrycznego w obwodach DC

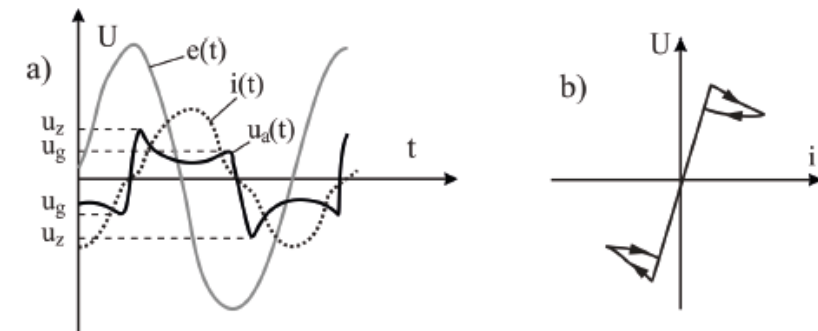


# Kiedy powstaje?

- Rozłączenie obciążonego obwodu
- Natężenie pola elektrycznego lokalnie przekracza wytrzymałość dielektryczną powietrza (ok. 32 kV/cm)

# Łuk elektryczny jako przyczyna pożaru

- Przyczyna zagrożenia:
  - Wysoka temperatura
  - Wybuch łuku elektrycznego (ang. *electric arc flash*)
  - Promieniowanie UV
  - Brak detekcji przez standardowe zabezpieczenia
- Prewencja:
  - Łuk w obwodach AC i DC – przejścia przez „zero”
  - Wykrywanie promieniowania UV i zwarcie (np. szynoprzewodów)
  - Wykrywanie charakterystyk dynamicznych łuku AC



Rys. 7.4. Prąd i napięcie łuku w obwodzie prądu sinusoidalnego: a) przebiegi w obwodzie o charakterze indukcyjnym; b) charakterystyka dynamiczna łuku prądu sinusoidalnego

# łuk elektryczny



# Wybuch łuku (arc flash)



# Stacja transformatorowa

## Podstawowe zagrożenia

- Porażenie prądem elektrycznym
- Wybuch kadzi transformatora
- Pożar
- Łuk elektryczny
- Przegrzanie

# Przyczyny zagrożeń

- Przeciążenie
- Łuk elektryczny
- Wyciek oleju
- Rozkład termiczny izolacji stałej lub oleju transformatorowego



# Transformator „suchy” vs. „mokry”

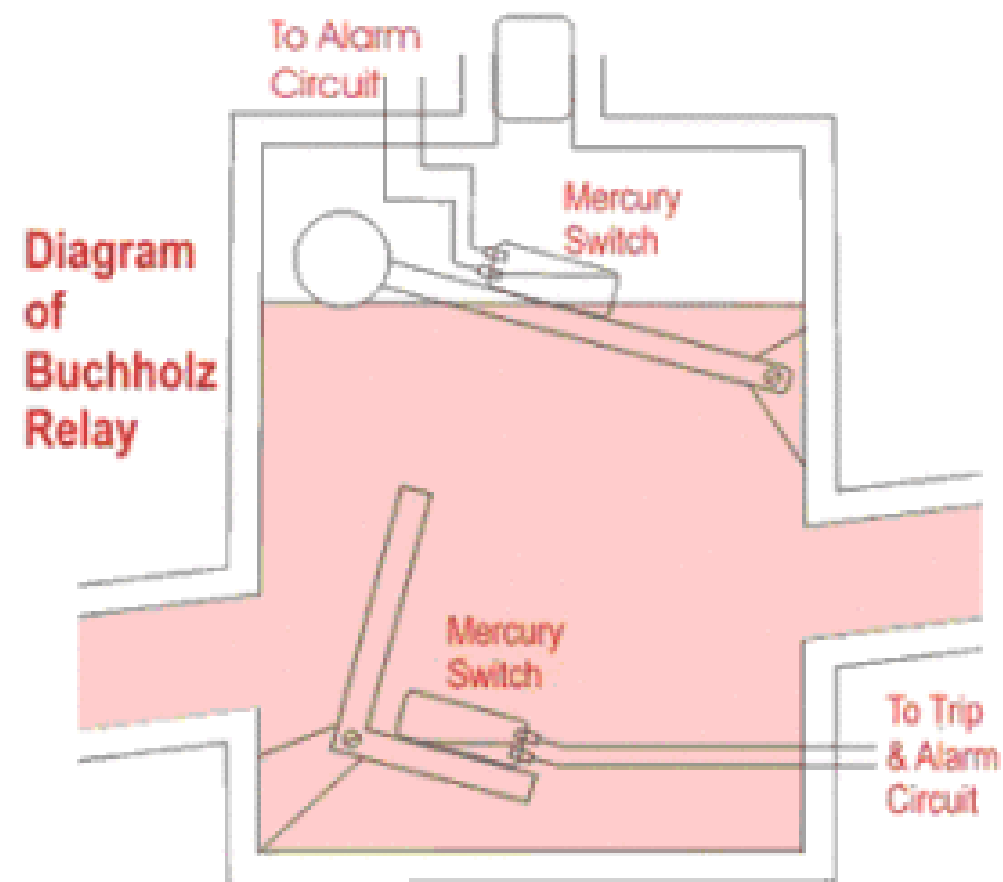
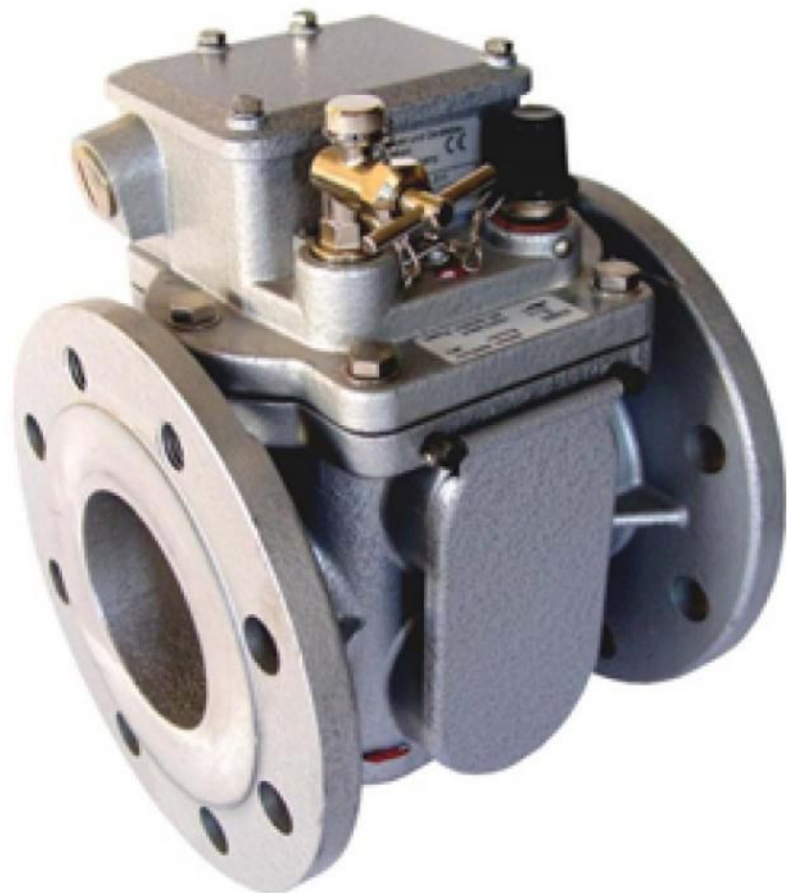


11:45:42



44

# Przełącznik Bucholtza



# Przykład - łuk elektryczny

- Pożar stacji transformatorowej 15 / 0,4 kV.
- Dwa transformatory olejowe, 2 x 630 kVA
- Rozdzielnia SN, dwie rozdzielnie nN.

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

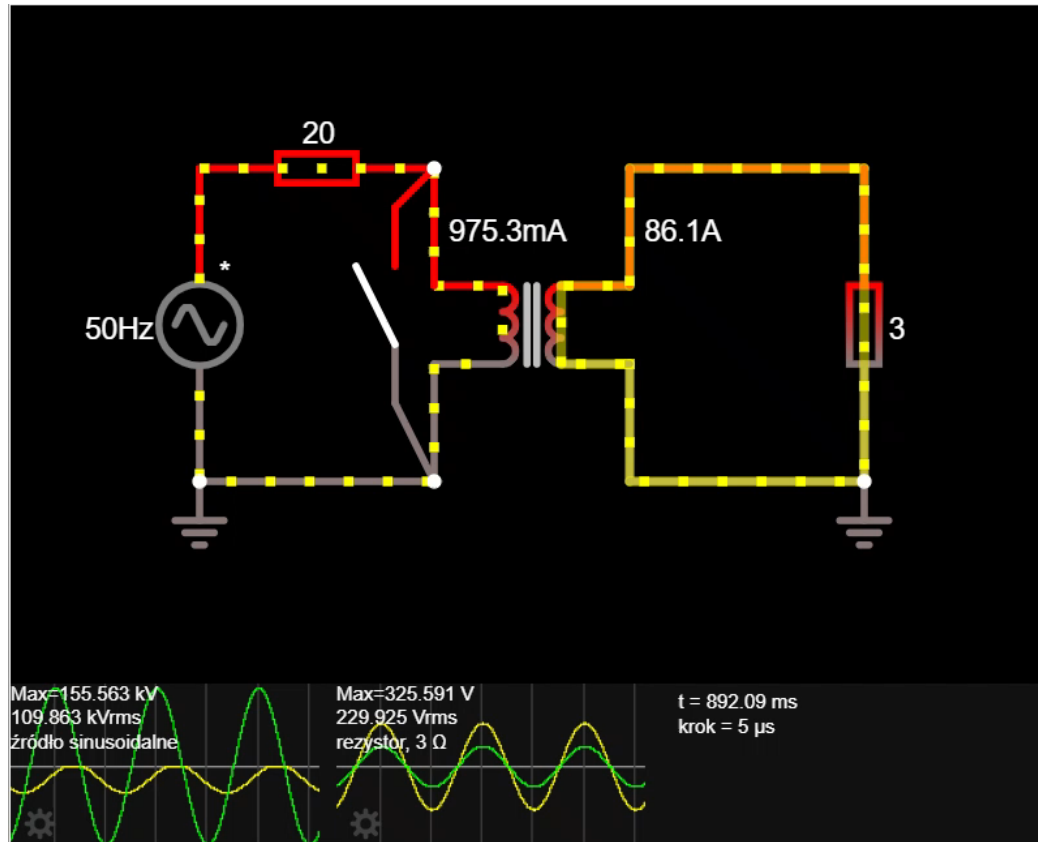
**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

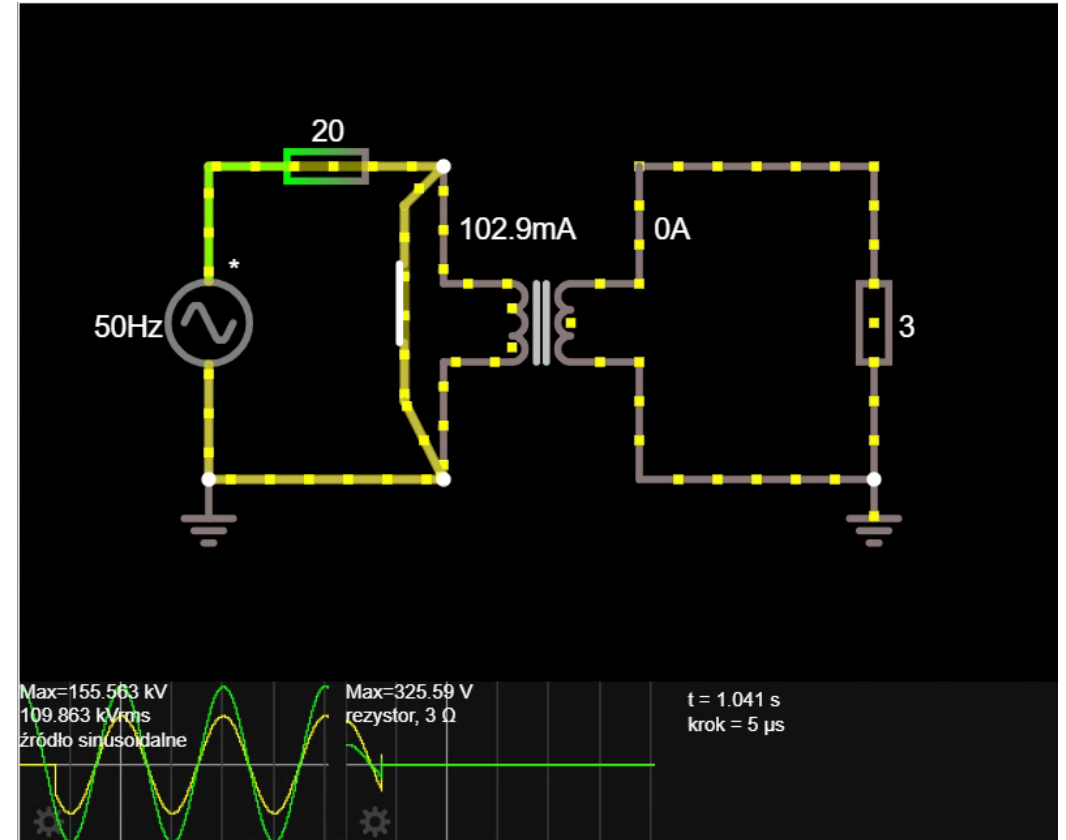
- Wykluczono stan awaryjny po stronie SN –**powstanie łuku po stronie nN byłoby niemożliwe**
- Zapalenie izolacji, rozprzestrzenianie pożaru kanałem kablowym do stacji SN
- Łuk zapalił się pomiędzy szynoprzewodem a stalową obudową
- Odstępy izolacyjne, kondensacja pary wodnej, część przewodząca obca, przepięcie?

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Dlaczego zwarcie po stronie SN wykluczono?

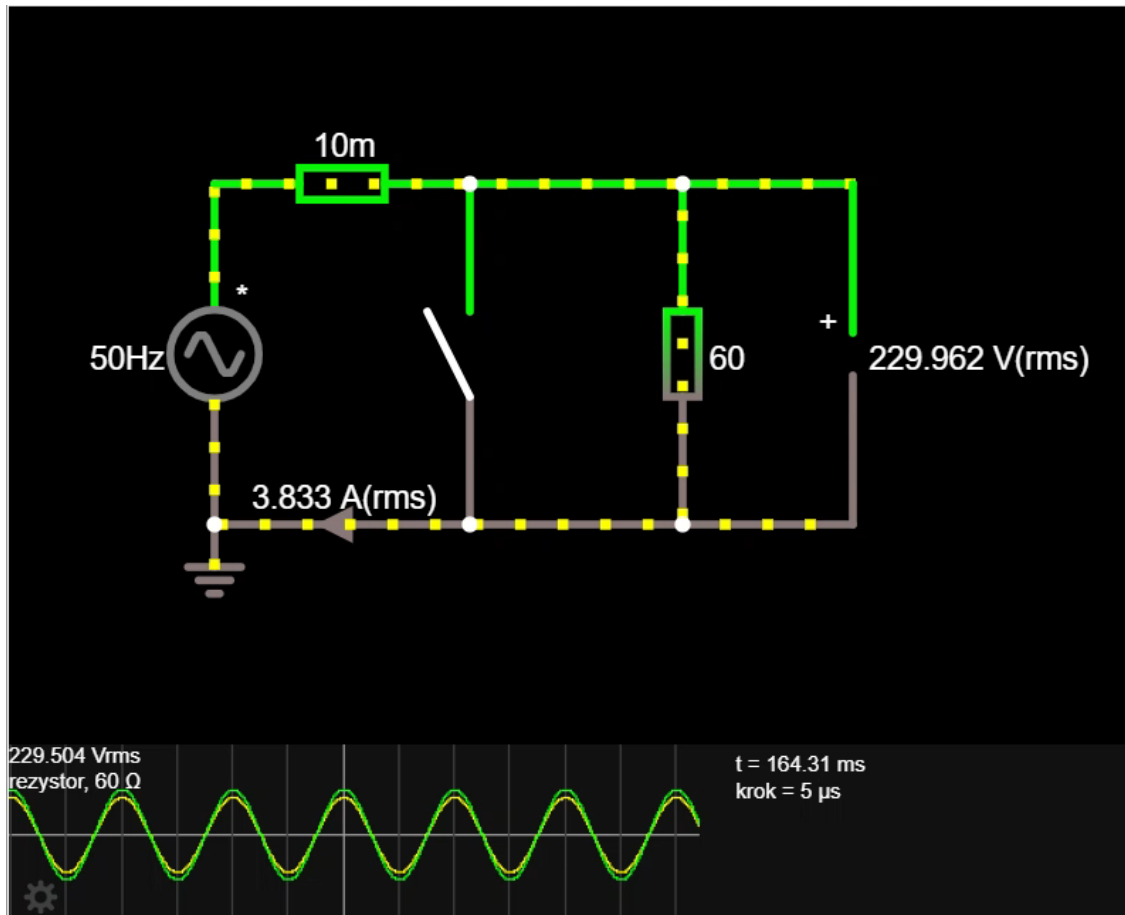


# Dlaczego zwarcie po stronie SN wykluczono?

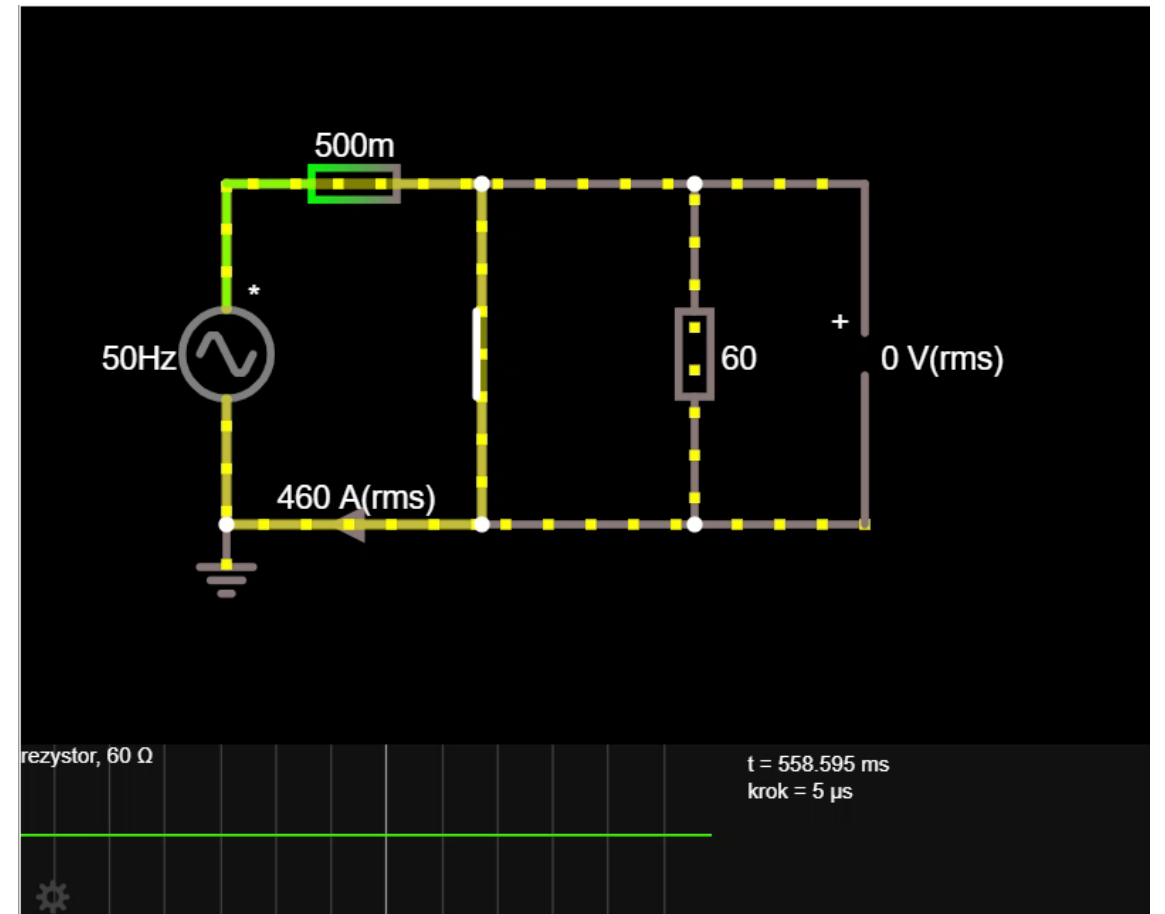




# Dlaczego zwarcie po stronie SN wykluczono?



# Dlaczego zwarcie po stronie SN wykluczono?



# Przykład - łuk elektryczny

- Pożar stacji transformatorowej 15 / 0,4 kV.
- Jeden transformator olejowy, 630 kVA
- Rozdzielnia SN, dwie rozdzielnie nN, bateria kondensatorów.

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

- Największe zniszczenia (oddziaływanie cieplne) w rozdzielnicach i kondensatorach

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

- Łuk zapalił się pomiędzy szynoprzewodami a stalowymi drzwiami rozdzielnic
- Wykorzystanie transformatora po odbudowie

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Kilka uzupełnień do +

- Olej transformatorowy
- Skład i palność
- Środki gaśnicze i wpływ na wynik badań po pożarze
- Parametry

## SEKCJA 9. WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE I CHEMICZNE

### 9.1. Informacje na temat podstawowych właściwości fizycznych i chemicznych

a) Wygląd	: Ciecz; kolor jasnożółty
b) Zapach	: charakterystyczny dla oleju, łagodny
c) Próg zapachu	: Niedostępne
d) pH	: Nie dotyczy
e) Temperatura topnienia/krzepnięcia	: - 48°C
f) Początkowa temperatura wrzenia i zakres temperatur wrzenia	: > 250°C
g) Temperatura zapłonu	: >140°C ( tygiel zamknięty Pensky-Martens)
h) Szybkość parowania	: Niedostępne
i) Palność (ciała stałego, gazu)	: Niedostępne
j) Górna/dolna granica palności lub górna/dolna granica wybuchowości	: Niedostępne
k) Prężność par	: 100 Pa w 100°C
l) Gęstość par	: Niedostępne
m) Gęstość względna	: 0,87 g/cm <sup>3</sup> w 15°C
n) Rozpuszczalność	: nierozpuszczalny w wodzie
o) Współczynnik podziału n-oktanol/ woda	: Niedostępne

p) Temperatura samozapłonu	: >270°C
q) Temperatura rozkładu	: Niedostępne
r) Lepkość	: kinematyczna ok.10 mm <sup>2</sup> /s w 40°C
s) Właściwości wybuchowe	: Niedostępne
t) Właściwości utleniające	: Niedostępne

powietrza oraz pełną odzież ochronną.

Zamknięte pojemniki narażone na działanie ognia lub wysokiej temperatury chłodzić rozproszonymi prądami wody z bezpiecznej odległości, o ile to możliwe i bezpieczne usunąć je z obszaru zagrożenia.

Nie dopuścić do przedostania się ścieków po gaszeniu pożaru do kanalizacji i zbiorników wodnych. Powstałe ścieki i pozostałości po pożarze usuwać zgodnie z obowiązującymi przepisami.

# Kilka uzupełnień do transformatorów

- Diagnostyka (okresowe badania) lub *badania po zdarzeniu (trudne)*
- Analiza gazów rozpuszczonych w oleju transformatorowym

Gaz (kluczowy)	Gaz (zidentyfikowany)	Przypuszczalna przyczyna powstania
$CO_2, CO$	$H_2, C_2H_4$	Przegrzanie dielektryka, w tym rozpad celulozy
$C_2H_4$	$CH_4, H_2, C_2H_6$	Przegrzanie oleju
$H_2$	$CH_4, C_2H_6, C_2H_4$	Wyładowania elektrostatyczne niezupełne
$C_2H_2$	$H_2, CH_4, C_2H_4$	Łuk elektryczny

- Uwaga: obieg oleju (konserwator) zamknięty.



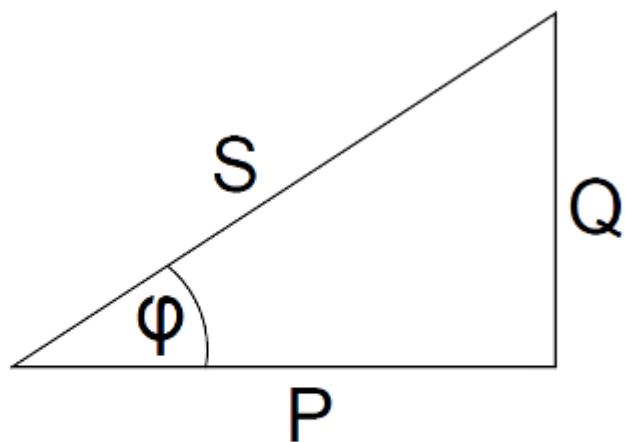


# Kompensacja mocy biernej

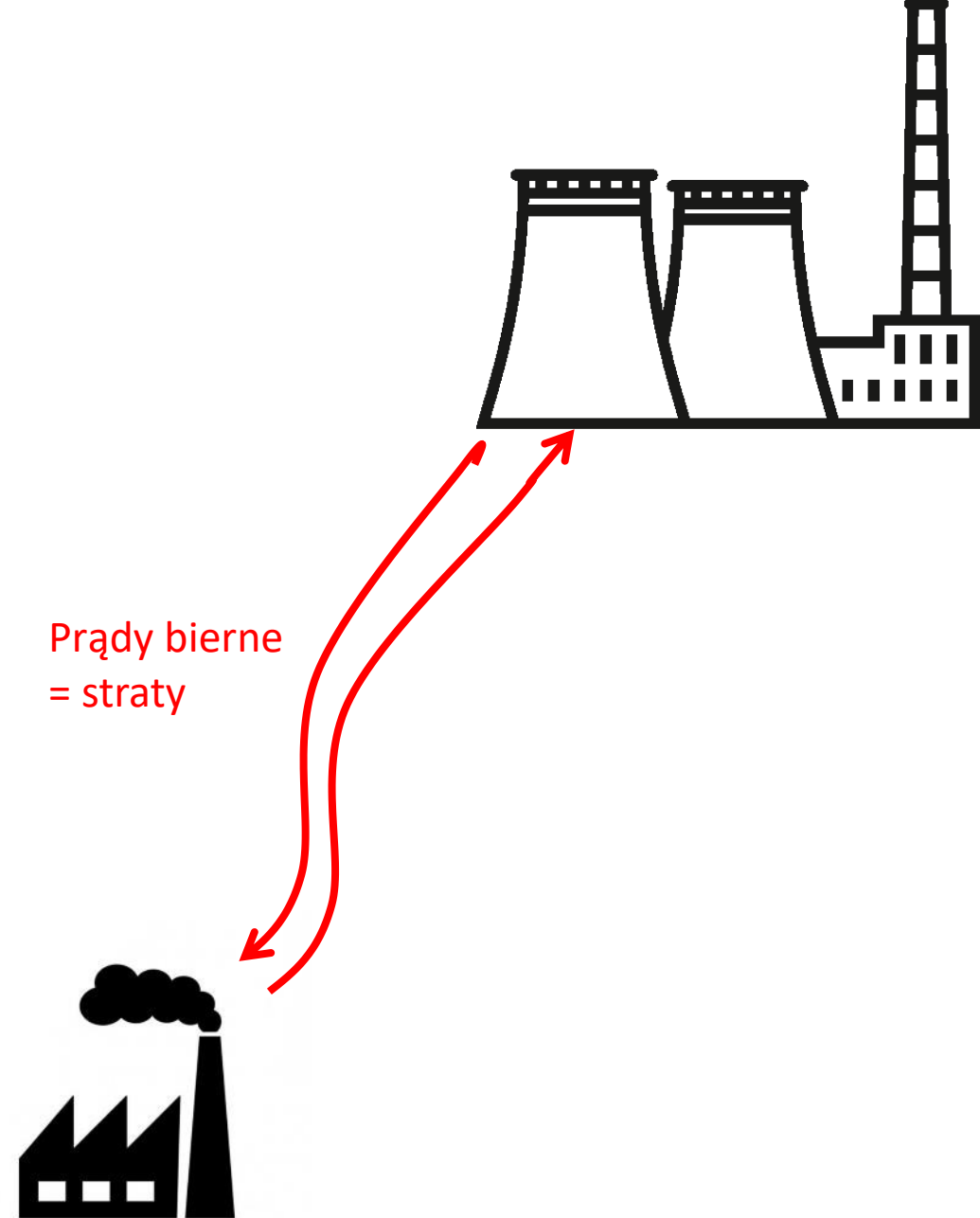
**ANALIZA WYBRANYCH PRZYCZYN POŻARÓW W ENERGETYCE NA  
PRZYKŁADACH RZECZYWISTYCH ZDARZEŃ POŻAROWYCH**

# Baterie kondensatorów

- Idea **kompensacji mocy biernej**



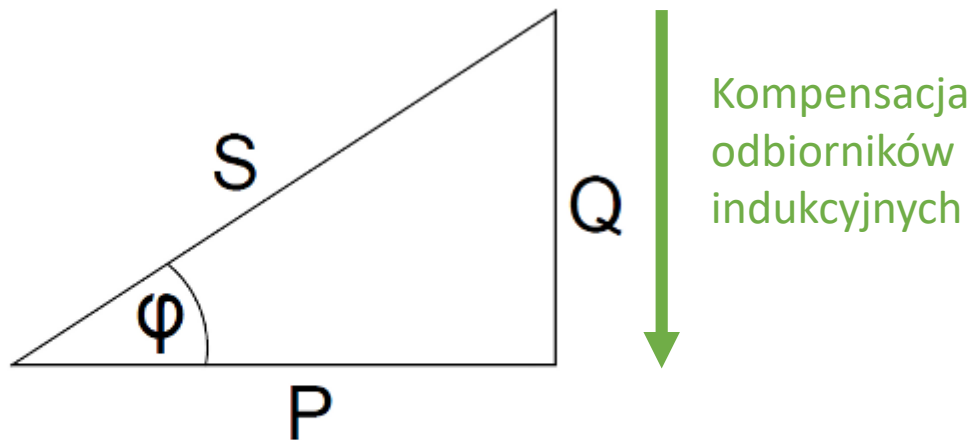
Q - moc bierna  
S - moc pozorna  
P - moc czynna  
 $\varphi$  - kąt przesunięcia fazowego



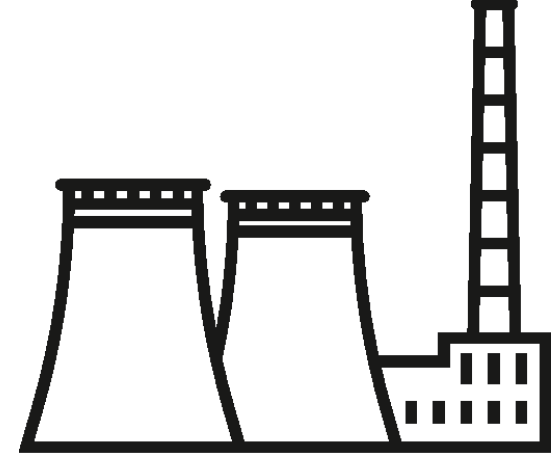
REDRO

# Baterie kondensatorów

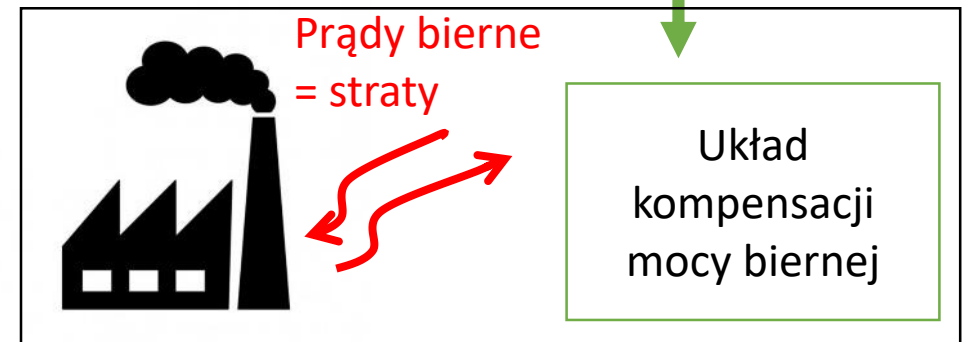
- Idea kompensacji mocy biernej



Q - moc bierna  
S - moc pozorna  
P - moc czynna  
 $\varphi$  - kąt przesunięcia fazowego



Przesył wyłącznie mocy czynnej



REDRO™

# Przykład układu kompensacji



# Przykład - pożar

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

**OK!**

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Przykład - pożar

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

**Zużycie kondensatorów!  
Na jakiej podstawie taki wniosek?**



# Przykład – ponownie bateria kondensatorów

- Lipiec 2021
- Pożar baterii kondensatorów
- Ugazony gaśnicami proszkowymi przez pracowników przed przybyciem JOP

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**



# Baterie i akumulatory

**ANALIZA WYBRANYCH PRZYCZYN POŻARÓW W ENERGETYCE NA  
PRZYKŁADACH RZECZYWISTYCH ZDARZEŃ POŻAROWYCH**

# Wybrane rodzaje ogniw

- Ogniwo pierwotne / wtórne – charakter ogniw
- Podział ze względu na konstrukcję / reakcje chemiczne
  - Ogniwa kwasowo-ołowiowe
    - Tradycyjne
    - VLRA (zamknięte)
  - **Ogniwa litowo-jonowe**

# Ogniwo kwasowo-ołowiowe

- Tradycyjne (uzupełnianie elektrolitu)
  - Czas życia: 15 – 20 lat (prawidłowa eksploatacja)
- VRLA (valve regulated lead-acid)
  - AGM (absorber glass mat) – włókna szklane, absorber
  - Żelowe – elektrolit żelowy (z krzemionką) zamiast płynnego
  - Zawór otwiera się przy wzroście ciśnienia (przeładowanie)
  - Czas życia: 10 lat (prawidłowa eksploatacja), <5 lat (przyjęty minimalny czas eksploatacji), <2 lata (fatalne warunki użytkowania)





# Ogniwa litowo-jonowe

- Szeroka dziedzina chemii
- Duża gęstość energii
- Konieczny BMS!
- *Ucieczka/rozbieg* termiczny
- Czas życia: <15 lat





# Ogniwa litowo-jonowe



2023-06-18



# Ładowanie baterii trakcyjnych na drodze ewakuacyjnej?



# Przykład - Akumulator kwasowo-ołowiowy – zwarcie biegunów

Warunki badania:

- Rezystancja połączenia na poziomie 0,1  $\Omega$
- Nieograniczone zwarcie
- Ocena pojemności akumulatora poprzez kontrolowane rozładowanie
- Akumulator w pełni naładowany przed próbą

Akumulator nr 1 (Centra,  $I_{\max}=800$  A):

Pojemność katalogowa: 95 Ah, rzeczywista: 62 Ah

Akumulator nr 2 (Gigawatt,  $I_{\max}=800$  A)

Pojemność katalogowa: 95 Ah, rzeczywista: 32 Ah



## Centra

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**



## Gigawatt

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Wyniki pomiarów termograficznych

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

Czy to wystarczająca temperatura do wywołania pożaru? Nie, ale...

# Zapis monitoringu napięcia na akumulatorze

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Jakie są statystyki szkód związanych z wykorzystaniem ogniw?

- 23% - szkody o pierwotnej przyczynie w obwodach DC (energetyka zawodowa – znaczenie mocy)
- 20% - niewłaściwe utrzymanie
- 17% - szkody na skutek starzenia
- 7% - zbyt wysoka temperatura w otoczeniu ogniw
- 6% - zbyt luźne połączenia elektryczne
- 27% - inne (niewłaściwa konstrukcja/produkcja, błędy ludzkie, uszkodzenie przewodów, uszkodzenie falownika, itp.)

# Typowe procesy degradacyjne, cd.

- Zasiarczenie ogniw kwasowo-ołowiowych
  - Dochodzi do niego przy zbyt niskim prądzie ładowania. Lub głębokie rozładowanie ma miejsce razem z określonymi warunkami środowiskowymi.
  - Spadek napięcia na ogniwach: wpływ na pracę obwodu



(a) Early stage



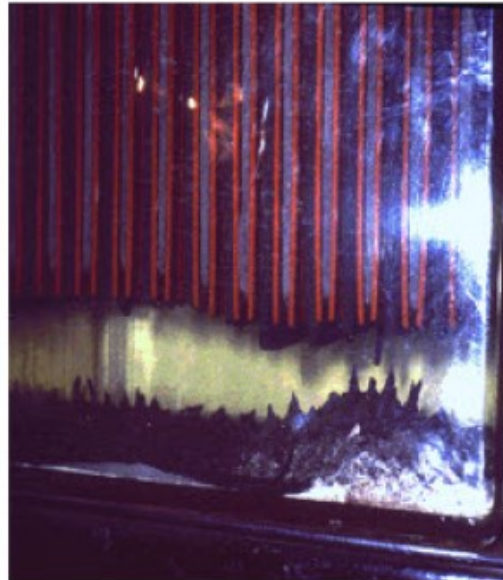
(b) Middle stage



(c) Late stage

# Typowe procesy degradacyjne, cd.

- Sedymentacja (powstawanie osadu)
  - Osiadanie pyłu na dnie zbiornika ogniwa kwasowo-ołowiowego
  - Jeżeli poziom osadu sięgnie ogniw – możliwe zwarcie
  - Przyczyny: niedoładowanie, przeładowanie, znaczna liczba cykli w jednostce czasu, wysoka temperatura.



(a) Normal

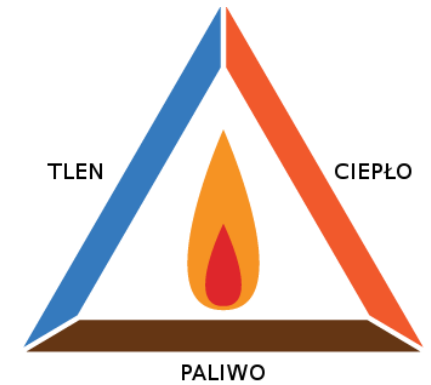
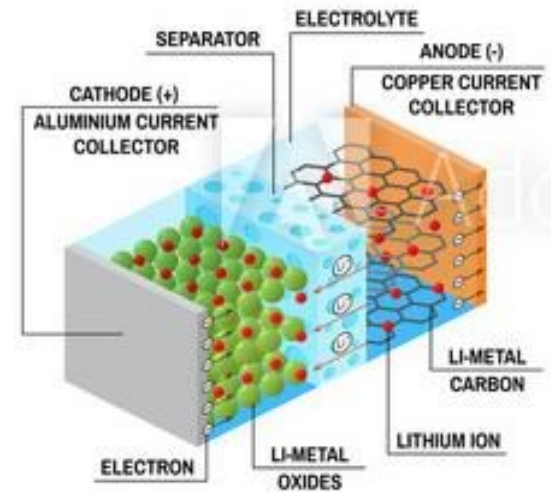
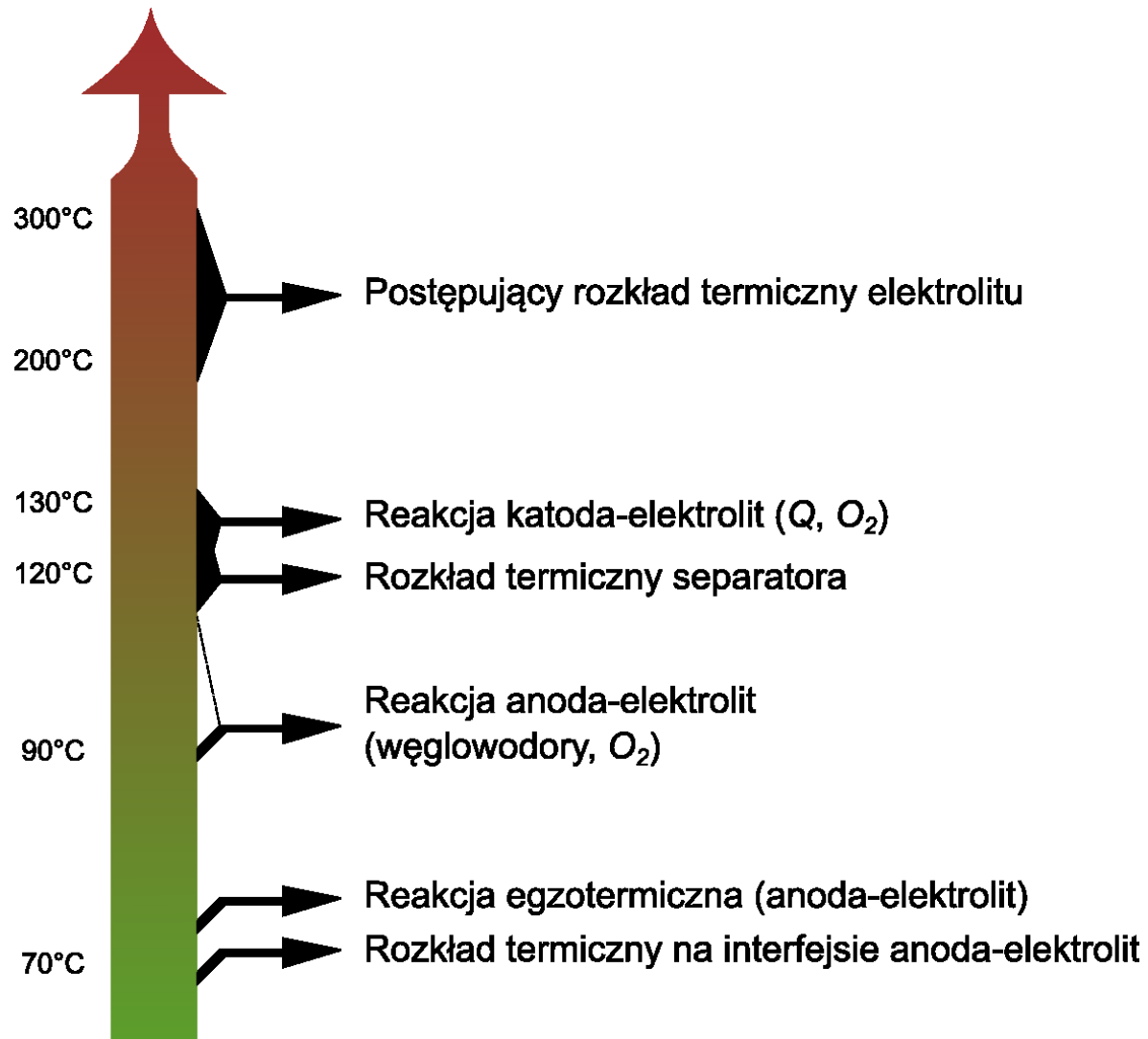


(b) Excessive

# Typowe procesy degradacyjne, cd.

- Ogniwa Li-Ion:
  - Głębokie rozładowanie – rozpuszczenie miedzianej folii w elektrolicie
  - Przeładowanie – starzenie i możliwa sedymentacja na katodzie – efekt: zwarcie wewnętrznie (i *rozbieg/ucieczka* termiczny)
  - Zbyt duże napięcie – wytworzenie tlenu (anod), rozkład elektrolitu, *rozbieg/ucieczka* termiczny
  - Uszkodzenie BMS (brak redundancji) – możliwość powstania powyższych skutków.
  - Co to jest *rozbieg/ucieczka* termiczny?

# Podsumowanie zjawiska





# Istota problemu

## Przykład: Pożar baterii Li-Ion

- Różnice w rozwiązaniach technologicznych (konstrukcja pojazdu, konstrukcja ogniwa)
- Ograniczona legislacja
- Dynamika pożaru baterii trakcyjnych

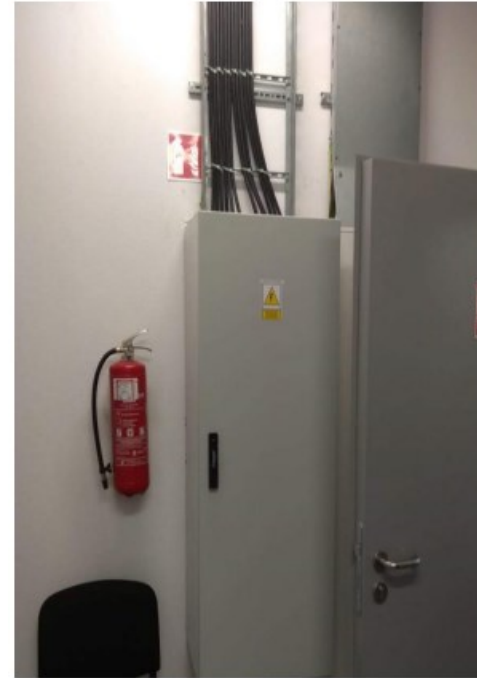


4 czerwca 2018 r., Ganzhou, Chiny (kanał YT: CGTN)

# Problem skali

- Pojemność: 2 MWh
- Kontenery tego typu już w Polsce
- Instalacja gaśnicza N<sub>2</sub>, osprzęt w oddzielnym kontenerze





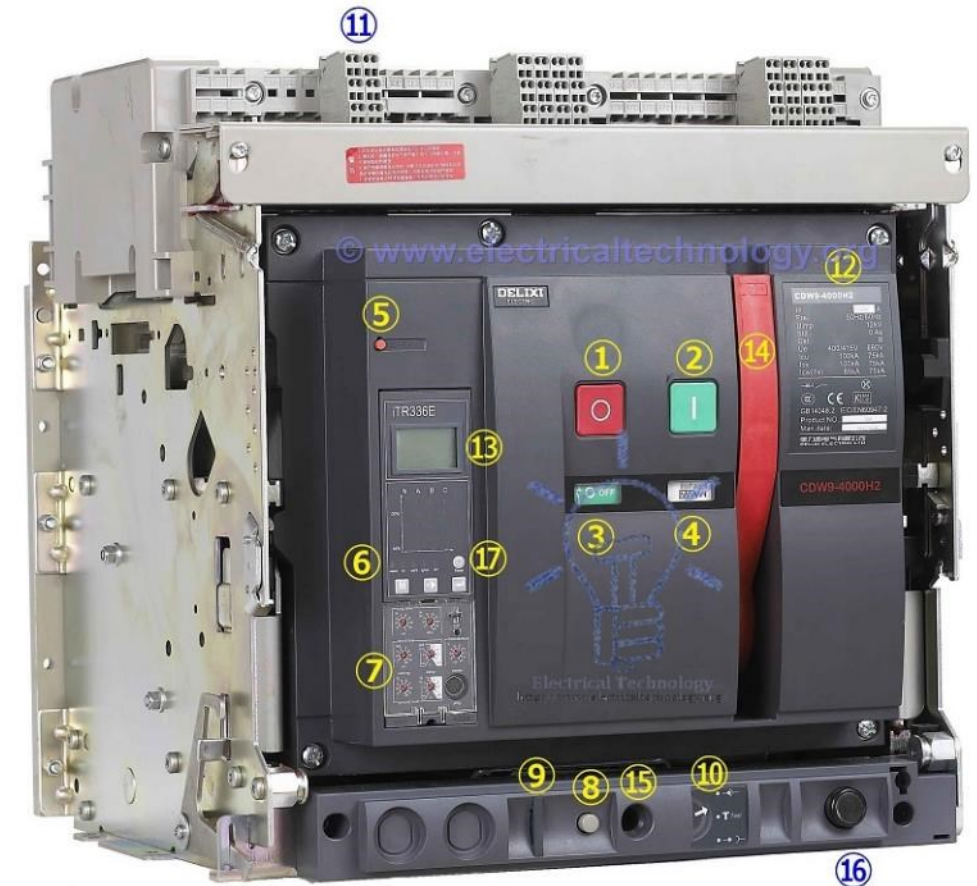
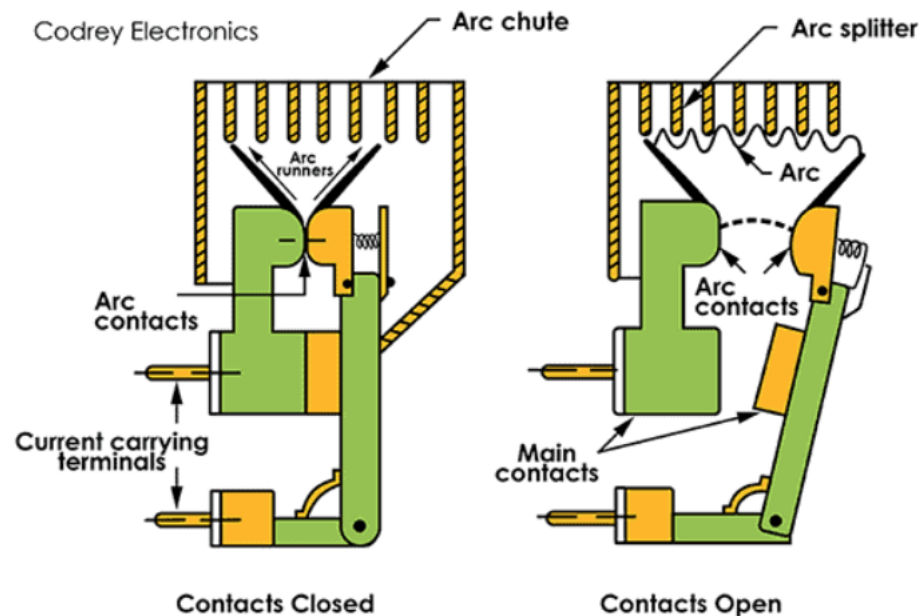
# Rozdzielnice >1000 VAC

**ANALIZA WYBRANYCH PRZYCZYN POŻARÓW W ENERGETYCE NA  
PRZYKŁADACH RZECZYWISTYCH ZDARZEŃ POŻAROWYCH**

# Rozłączniki w instalacjach >1000 VAC

- Rozłącznik powietrzny – przykład:
  - Zjawiska magnetyczne
  - Podział i wydłużenie łuku

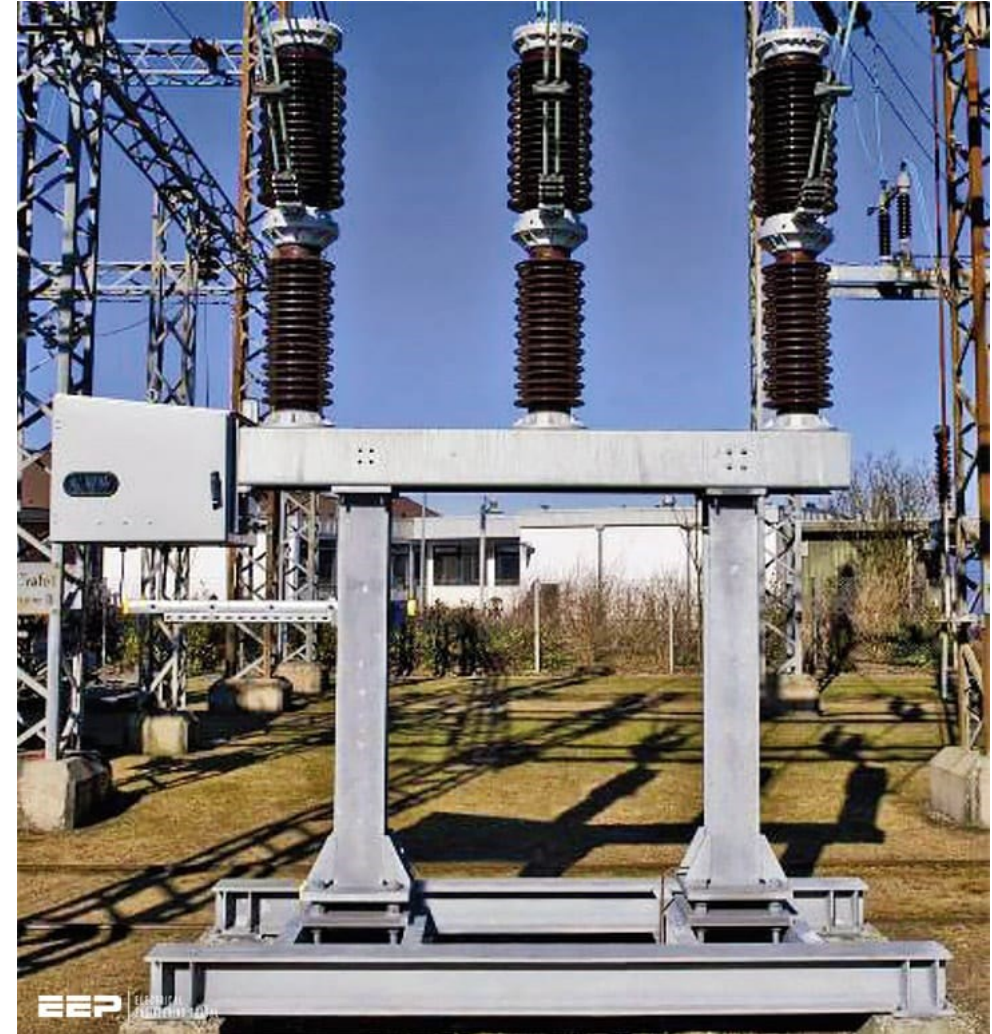
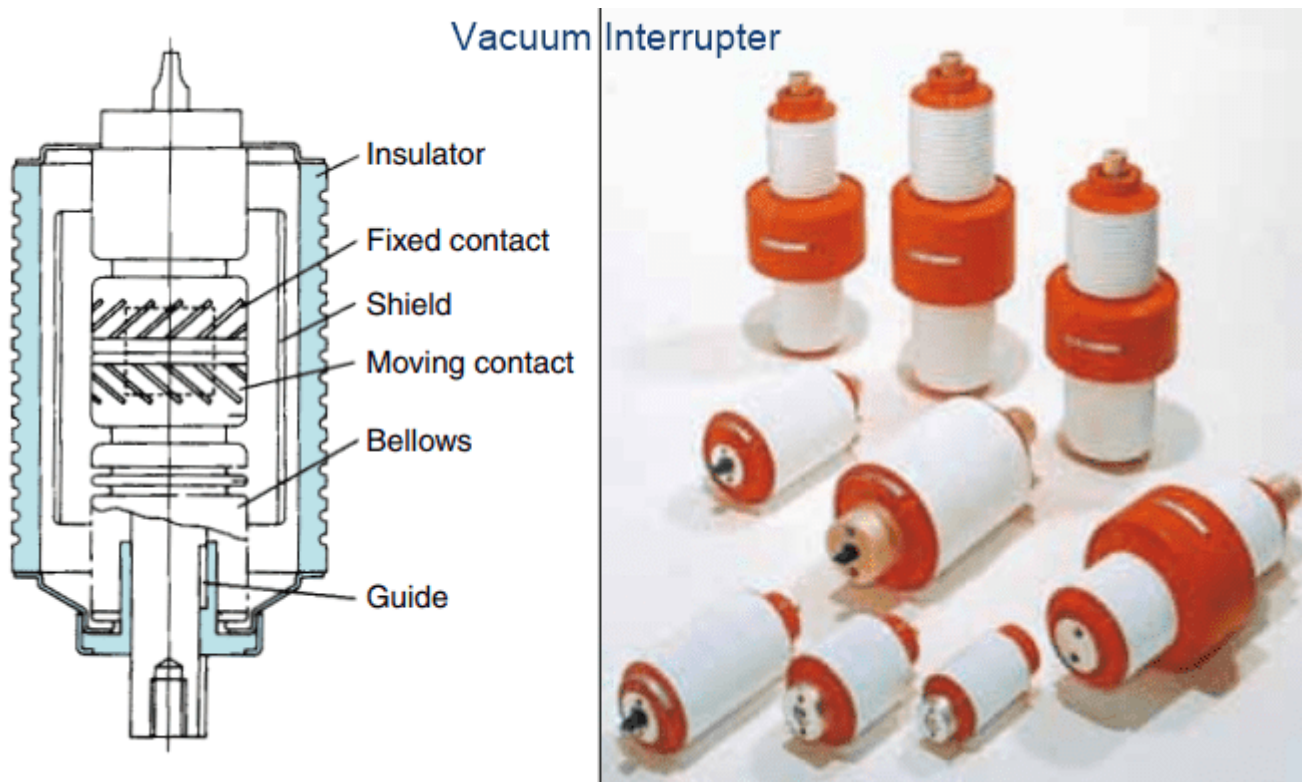
Air Circuit Breaker External Labels





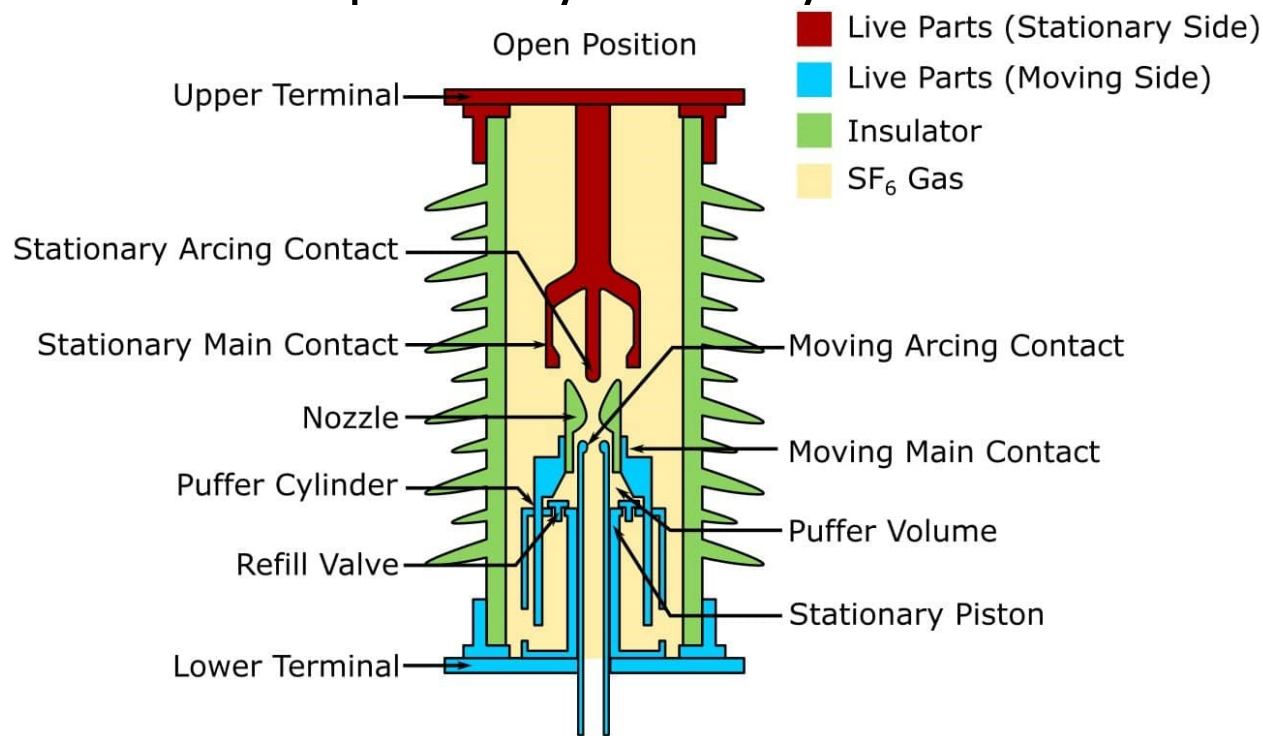
# Rozłączniki w instalacjach $>1000$ VAC

- Rozłącznik próżniowy – przykład:
  - Działanie próżni



# Rozłączniki w instalacjach >1000 VAC

- Rozłącznik próżniowy – przykład:
  - Heksafluorek siarki ( $\text{SF}_6$ ) – nietoksyczny, inertny bezzapachowy dielektryk



Czy dużo jest zdarzeń w elementach sieci elektroenergetycznej  $> 1000$  VAC?

# Wieloaspektowe spojrzenie na problem

- Wyższe napięcie = wyższe ryzyko porażenia / łuku elektrycznego
- Szczególnie ważny prawidłowy dobór zabezpieczeń (zwłoka w wyłączeniu zwarcia / przeciążenia a skutki)
- Dostęp ograniczony dla wykwalifikowanego personelu
- Nie wyklucza to błędu ludzkiego jako przyczyny zdarzenia
- Zdarzenia często mają ograniczony zasięg, jednak powodują przestój zakładu (=ogromne straty)



**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Przykład – rozdzielnica SN/nn

- Prace konserwacyjne
- Nieumyślny kontakt przewodu fazowego z szyną neutralną
- Przewód łączył szynę fazową z rozłącznikiem bezpiecznikowym (który miał być wymieniony)
- Przez pomyłkę rozłączono... nie to pole rozdzielnicy! (brak weryfikacji)
- Skutki:
  - Wybuch łuku elektrycznego (ciśnienie, światło UV, huk)
  - Poparzenia pracownika, krótkotrwałe problemy z słuchem i wzrokiem
  - Okopczenia w rozdzielnicy

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Człowiek – najłabsze ogniwo?

- Niejednokrotnie kontrola wzrokowa zawodzi
- Przypadki ignorowania zadziałania zabezpieczeń (bez dociekania przyczyny zadziałania)
- Ignorowanie wczesnych symptomów problemu (ślady dymu, zapach towarzyszący rozkładowi termicznemu polimerów, itd.)

Przykład – tutaj można było zadziałać!

**MATERIAŁ USUNIĘTY  
Z PREZENTACJI  
ROZPOWSZECHNIANEJ WŚRÓD  
UCZESTNIKÓW KONFERENCJI**

# Zdarzenia

**ANALIZA WYBRANYCH PRZYCZYN POŻARÓW W ENERGETYCE NA  
PRZYKŁADACH RZECZYWISTYCH ZDARZEŃ POŻAROWYCH**

# Elektrownia Turów, 1998 r.

- Planowe wyłączenie bloku nr 5, 24.12.1998
- Blok o mocy 200 MW

## Przebieg zdarzenia

- Wyłączenie bloku: odłączenie dopływu pary do turbiny
- Polecenie wyłączenia bloku w stacji WN
- Potwierdzenie systemu automatyki, że odłączono trzy fazy
- W rzeczywistości styk jednej z fazy się nie otworzył (nieszczelność przewodu z hydrolem do sterowania wyłącznika)

# Elektrownia Turów, 1998 r.

Przebieg zdarzenia, cd.

- Wypadnięcie z synchronizmu generatora zasilanego 1f i stan awaryjny
- Silne nagrzewanie wirnika, asynchroniczna praca powodowała też pulsację momentu napędowego
- Dodatkowe naprężenia ścinające w sprzęgle (turbina/wzbudnica – generator)
- Termiczne uszkodzenie wirnika i zablokowanie
- Wyrwanie łożysk i części sprzęgła i ich wyrzucenie poza budynek
- Uszkodzenie szynoprzewodów i transformatora blokowego
- Pożar oleju i wodoru, rozprzestrzenienie się pożaru na cały blok



Dziękuję za uwagę